

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Hisao HOJOH et al.

Attn: Box Missing Parts

Application No.: 10/091,539

Filed: March 7, 2002

Docket No.: 108931

For: APPARATUS AND METHOD OF GENERATING CHARGED PARTICLES

SUBMISSION OF ENGLISH-TRANSLATION OF PRIORITY APPLICATION


Director of the U.S. Patent and Trademark Office
Washington, D.C. 20231

Sir:

Attached is the English-language translation of U.S. Provisional Application No. 60/275,471, filed March 14, 2001, the priority of which is claimed in the present non-provisional application.

The Director is hereby authorized to charge any additional fee (or credit any overpayment) associated with this communication to Deposit Account No. 15-0461. Two duplicate copies of this paper are attached.

Respectfully submitted,


James A. Oliff
Registration No. 27,075

Joel S. Armstrong
Registration No. 36,430

JAO:ISA/cmm

Date: May 17, 2002

OLIFF & BERRIDGE, PLC
P.O. Box 19928
Alexandria, Virginia 22320
Telephone: (703) 836-6400

DEPOSIT ACCOUNT USE
AUTHORIZATION
Please grant any extension
necessary for entry:
Charge any fee due to our
Deposit Account No. 15-0461

DECLARATION FOR TRANSLATION



I, Hajime Inoue, a Patent Attorney, of Ogikubo TM Bldg., 5-26-13, Ogikubo, Suginami-ku, Tokyo 167-0051, Japan, do solemnly and sincerely declare:

That I have a thorough knowledge of Japanese and English languages;
and

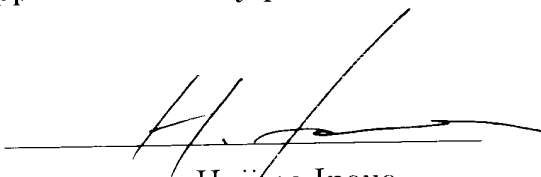
That the attached pages contain a correct translation into English of the Japanese document filed on March 14, 2001 as

U.S. Patent Application No. 60/275,471

entitled "APPARATUS AND METHOD OF GENERATING CHARGED PARTICLES"

I hereby declare that all statements made herein of my own knowledge are true, and that all statements made on information and belief are believed to be true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine and/or imprisonment under Section 1001 of Title 18 of the United States Code, and that such willful false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issuing therefrom.

Date: April 24, 2002


Hajime Inoue

APPARATUS AND METHOD OF GENERATING CHARGED PARTICLES

BACKGROUND OF THE INVENTION

Field of the Invention

5 The present invention relates to an apparatus and method of selectively generating charged particles in which one of or both of ions and electrons are generated.

Description of the Related Art

10 In the conventional ion source having a needle electrode, a vacuum (e.g., about 10^{-8} Pa) was created around the needle electrode. A gaseous raw material was supplied to the tip end of the needle electrode at room temperature. Thus, the vacuum around the needle electrode was reduced to about 10^{-2} Pa. The
15 needle electrode was cooled depending on the type of ion to be generated. The gaseous raw material was liquefied and ionized by a strong electric field between the needle electrode and an extract electrode. Thus, a cooling device for liquefying the raw material was essential in the prior art. Moreover, the prior
20 art wasted the supplied raw material since it most flowed into the vacuum/exhaust system.

 In recent years, there is a large demand for a single device for emitting both the electron and ion beams in the field of nanotechnology. For example, drawing or machining will be
25 carried out by selectively using the property of electron or ion beam. Alternatively, a drawing or ion-injecting process using the ion beam may be monitored by the electron beam.

In the latter case, an electron may be emitted from the needle electrode after the supply of raw material from the ion source has stopped. Since the raw material has adhered on the tip end of the needle electrode, however, it is required that
5 any heating mechanism is used to remove the adhered substances and to emit an electron from the clean face of the needle electrode.

In such a manner, when the needle electrode is used as an ion source, it is cooled. When the needle electrode is used
10 as an electron source, it is heated. As a result, the temperature of the needle electrode must rapidly be changed, for example, within a range around several K to 200 K. This requires any cooling device such as a tank containing liquid helium or nitrogen or any refrigerator, as well as any heating device.

15 The atmospheric pressure around the needle electrode is 10^{-8} Pa when it is used as an electron source. When the needle electrode is used as an ion source, the pressure around the needle electrode may be, for example, about 10^{-2} Pa depending on the gaseous raw material. To realize such different pressures
20 in a rapid manner, a turbo-molecular pump (or oil diffusion pump) resistible any increased load is required. In addition, difficulties in the vacuum exhaust system are unavoidable for such of differential pumping system.

25 BRIEF SUMMARY OF THE INVENTION

The present invention may provide a charged particle generating apparatus and method using a novel and improved

structure suitable for use in one of or both of the ion and electron sources.

The present invention may further provide a charged particle generating apparatus and method which can ionize a raw material without cooling it down to its liquefaction point.

The present invention may further provide a charged particle generating apparatus and method which can ionize a raw material with high efficiency.

The present invention may further provide a charged particle generating apparatus and method which can generate electrons by supplying raw material.

The present invention may further provide a charged particle generating apparatus and method which can generate electrons with an increased current density independently of the material forming a charged particle generating electrode.

The present invention may still further provide a charged particle generating apparatus and method which can only use a single device by selectively switching between ion source and electron source.

To this end, one aspect of the present invention provides a charged particle generating apparatus comprising: a charged particle generating electrode including a raw-material passage formed therethrough, the raw-material passage extending from a base end to a free end of the charged particle generating electrode; a raw-material supply section connected to the base end and supplying a raw material to the raw-material passage of the charged particle generating electrode; and a charged

particle extract electrode which generates an electric field between the charged particle extract electrode and the free end of the charged particle generating electrode.

According to this aspect of the present invention, the
5 raw material is conducted from the raw-material supply section into the free end (or tip end) of the charged particle generating electrode through the raw-material passage formed in the charged particle generating electrode itself. Since the electric field is generated between the free end of the charged
10 particle generating electrode and the charged particle extract electrode, charged particles are emitted from the raw material at the free end.

The charged particles are ions or electrons depending on the direction of the electric field.

15 An ion of the raw material may be emitted at the free end of the charged particle generating electrode by generating the electric field in which the charged particle generating electrode is positive and the charged particle extract electrode is negative.

20 On the contrary, an electron of the raw material may be emitted at the free end of the charged particle generating electrode by generating the electric field in which the charged particle generating electrode is negative and the charged particle extract electrode is positive.

25 Alternatively, one of an ion and an electron of the raw material may be selectively emitted at the free end of the charged particle generating electrode by selectively

generating a first electric field in which the charged particle generating electrode is positive and the charged particle extract electrode is negative and a second electric field in which the charged particle generating electrode is negative and
5 the charged particle extract electrode is positive.

When an electron of the raw material is emitted, the raw-material supply section may supply the raw material having a work function lower than a work function of the charged particle generating electrode material. In such a case, the
10 conditions such as temperature and electric field which are required for generating an electron of increased current density may be lowered.

Another aspect of the present invention provides a charged particle generating apparatus comprising: a charged
15 particle generating electrode including a raw-material passage formed therethrough, the raw-material passage extending from a base end to a free end of the charged particle generating electrode; a raw-material supply section connected to the base end and supplying a raw material to the raw-material passage
20 of the charged particle generating electrode; a charged particle extract electrode which generates an electric field between the charged particle extract electrode and the free end of the charged particle generating electrode; an electric-field-forming power supply section which generates a first
25 electric field, in which the charged particle generating electrode is positive and the charged particle extract electrode is negative, in an ion generation mode, and generates

a second electric field, in which the charged particle generating electrode is negative and the charged particle extract electrode is positive, in an electron generation mode; and a raw-material supply stopping section which stops the supply of raw material from the raw-material supply section in the electron generation mode.

In this aspect, the supply of raw material is cut off in the electron generation mode. Thus, an electron will be emitted from the charged particle generating electrode itself. In comparison with the case where different raw materials are used in the ion and electron generation modes, the control may be simplified only by stopping the supply of raw material.

The above aspects of the present invention may include a temperature controlling section which controls the temperature of the charged particle generating electrode. The provision of this temperature controlling section enables the supply of raw material to be controlled, the charged particle generating electrode to be cleaned, and the charged particle generating electrode to emit thermal electrons.

The charged particle generating electrode used in the above aspects of the present invention may have a single-wall or multiwall tubular structure. Such a tubular structure may be a carbon tube or carbon nanotube.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWING

Fig. 1 is a schematically cross-sectional view of a charged particle generating apparatus according to one

embodiment of the present invention.

Fig. 2 is a schematically cross-sectional view, enlarged in scale, of the charged particle generating electrode shown in Fig. 1.

5 Fig. 3 illustrates the operation of the Fig. 1 apparatus when it is used as an ion source.

Fig. 4 is a view illustrating the operation of the Fig. 1 apparatus when it is used as an electron source.

10 Fig. 5 is a view different from that of Fig. 4, illustrating the operation of the Fig. 1 apparatus when it is used as an electron source.

DETAILED DESCRIPTION

Embodiments of the present invention will now be
15 described with reference to the drawings.

Structure of charged particle generating apparatus

Fig. 1 is a schematically view of a charged particle generating apparatus structured according to one embodiment of
20 the present invention.

Referring to Fig. 1, the charged particle generating apparatus comprises a charged particle generating electrode 100, a charged particle extract electrode 110 and an electric-field-forming power supply section 120 for generating a strong
25 electric field between the electrodes 100 and 110.

The charged particle generating electrode 100 is supported on a raw-material storage 130 which may be formed of

insulator, for example. The raw-material storage 130 includes a raw-material supply port 132 which can be opened and closed by a valve 134.

5 The charged particle extract electrode 110 is supported on the raw-material storage 130 through an insulative electrode support 140.

Although the raw-material storage 130 shown in Fig. 2 is formed of insulator, it may be formed of electrically conductive material. In such a case, the supply port 132 connected to the raw-material storage may be used as a high-voltage introduction terminal. Thus, the supply of high voltage to the charged particle generating electrode can be carried out through the raw-material storage 130.

Fig. 2 is a schematically cross-sectional view, enlarged in scale, of the charged particle generating electrode 100. In this figure, the charged particle generating electrode 100 may be formed by a multiwall carbon tube 102 of concentrically cylindrical configuration. Fig. 2 schematically shows five carbon tube layers 102a to 102e. The carbon tube 102 has a free needle-shaped end which may be configured by etching it with a solution of KOH, for example. On the outer periphery of the carbon tube 102, a plated layer 104 of Ta or Ni is formed. The plated layer 104 is removed at the free end of the carbon tube 102, for example, by wet-etching the free end with concentrated sulfuric acid or concentrated hydrochloric acid.

25 An electrode support 106 made of tungsten (W) or the like, is formed around the base end of the carbon tube 102 through

welding, for example. The plated layer 104 serves as means for stable attaching of the electrode support 106 to the carbon tube 102.

5 This charged particle generating electrode may be formed by a carbon nanotube consisting of one or more single-wall or multiwall. In this case, the free end of the carbon nanotube can sufficiently function as a needle electrode without any machining since the diameter of the free end of a carbon nanotube is fine.

10 In such a manner, the charged particle generating electrode 100 is formed by the single-wall or multiwall carbon tube 102. The carbon tube 102 has a cylindrical structure with a hexagonal carbon layer. In the charged particle generating electrode 100, thus, the meshes of the carbon tube 102, the
15 hollow of the cylinder and the gaps between the tubular layers function as a raw-material passage 108. In other words, the raw-material storage 130 can be connected by fluid transportation with the free end of the charged particle generating electrode 100 through the raw-material passage 108
20 in the charged particle generating electrode 100.

A temperature controlling section, such as a heater 150 is provided around the charged particle generating electrode 100. However, the heating may be carried out directly or indirectly to the charged particle generating electrode 100.
25

Operation of the charged particle generating apparatus as an ion source

Fig. 3 illustrates the operation of the apparatus of Fig. 1 used as an ion source. To emit positive ions in the apparatus shown in Fig. 1, the electric-field-forming power supply section 120 generates a strong electric field in which the charged particle generating electrode 100 is positive and the charged particle extract electrode 110 is negative, as shown in Fig. 3.

The valve 134 is then opened to supply the raw material as ion species into the raw-material storage 130 through the supply port 132.

The ambient gas around the charged particle generating electrode 100 is controlled by evacuating the charged particle generating apparatus through a vacuum pump (not shown) down to about 10^{-8} Pa, for example.

This vacuum atmosphere communicates with the raw-material storage 130 through the raw-material passage 108 in the charged particle generating electrode 100.

Thus, the raw material in the raw-material storage 130 is diffused from the base end to the free end of the charged particle generating electrode 100 through the raw-material passage 108 of the charged particle generating electrode 100.

The raw material diffused into the free end of the charged particle generating electrode 100 is ionized by the aforementioned strong electric field. The positive ions are by the charged particle extract electrode 110 to form an ion beam to be emitted from the charged particle generating apparatus.

The prior art required a tank of liquid helium or nitrogen

or a refrigerator for liquefying the gaseous raw material around the charged particle generating electrode. However, this embodiment will not require any of these components.

Since the charged particle generating electrode 100 is
5 formed by the carbon tube 102 providing the fine-diameter raw-material passage 108, almost all the raw material can be ionized without any waste.

The raw material to be supplied may be selected depending on the type of ion species to be emitted. If the charged particle
10 generating apparatus is used as an ion source for ion injection device, the raw material can be selected depending on the type of ion species to be injected. When the work is machined by use of an ion beam and the type of ion species is not particularly specified, it is desirable that the raw material to be supplied
15 is one having a reduced absolute value of work function, such as cesium (Cs) or barium (Ba) because it can ensure the desired ion current under a modified condition of temperature.

The velocity of the raw material passing through the raw-material passage 108 can be adjusted by suitably setting
20 the temperature in the heater 150, in addition to the degree of vacuum in the chamber, or the supply pressure the raw material or the like.

Such a field ionization type ion source can be utilized for any of ion microanalyzer, ion-beam drawing device, exposure
25 device, scanning ion microscopy (SIM), mealing device, ion injection device and so on.

Explanation 1 relating to the operation of the charged particle generating apparatus as an electron source

Fig. 4 illustrates the operation of the apparatus of Fig. 1 as an electron source. To emit electrons in the apparatus of Fig. 1, the electric-field-forming power supply section 120 generates a strong electric field in which the charged particle generating electrode 100 is negative and the charged particle extract electrode 110 is positive, as shown in Fig. 4.

The valve 134 is then opened to supply the raw material into the raw-material storage 130 through the supply port 132. As in the case of the ion source, thus, the raw material in the raw-material storage 130 is diffused from the base end to the free end of the charged particle generating electrode 100 through the raw-material passage 108 in the charged particle generating electrode 100.

The raw material diffused to the free end of the charged particle generating electrode 100 is ionized by the aforementioned strong electric field. The electrons are then accelerated by the charged particle extract electrode 110 to create an electron beam.

In the prior art, the current density of the electron beam has been determined depending on the material of the charged particle generating electrode since the electrons are emitted from the charged particle generating electrode.

In this embodiment, the electrons can be emitted by the ionization of the raw material. Thus, the material of the charged particle generating electrode 100 may be carbon having

a high corrosion resistance to various gases. The carbon has a high work function of 4.5 (V). The charged particle generating electrode of the prior art is popularly formed of tungsten (W). The tungsten has a work function substantially equal to that of the carbon, 4.54 (V). The tungsten (W) provides a current density of thermal electron emission of 2600 A/m² at the cathode temperature of 2500 K.

On the other hand, barium strontium (Ba/SrO) having a work function of 0.95 (V) may provide the current density of thermal electron emission equal to that of the tungsten (W) at the cathode temperature around 900 K that is about 1600 K lower than that of the tungsten.

The desirable property of the electron source is to emit electrons of a given energy as an electron beam which has an increased current density of electron beam and an improved coherence. This embodiment can realize a high-intensity emitter by increasing the current density of electron beam.

The carbon (C) used in the charged particle generating electrode of this embodiment as a material has a higher melting point and is superior in the corrosion resistance to various gases. However, the carbon has a work function of 4.5 (V) close to that of the tungsten. Therefore, it is difficult to use the carbon in the high-intensity emitter.

This embodiment can realize a high-intensity emitter by forming the electrode surface covered with a raw material, having a work function lower than that of the carbon for forming the electrodes, such as barium (Ba) having a work function of

2.11 (V) or cesium (Cs) having a work function of 1.81 (V).

The prior art sometimes used an electrode of tungsten (W), the surface of which was coated with a material having a lower work function. For example, the electrode of W/Ba formed by coating tungsten (W) with barium (Ba) may have a work function of 1.56 (V). Similarly, the work function of W/Cs (cesium) may be 1.36 (V); the work function of W/Th (thorium) may be 2.63 (V); the work function of W/Y (yttrium) may be 2.70 (V); and the work function of W/Zr (zirconium) may be 3.14 (V). However, these electrodes had to be exchanged to new one at a time when the coated material of lower work function had been consumed.

The velocity of the raw material passing through the raw-material passage 108 can be adjusted by setting the temperature in the heater 150 in addition to the supply pressure of raw material, the pressure in the chamber and so on, as in the ion source.

Such an electron source may be utilized for scanning electron microscope (SEM), electron-beam drawing device, exposure device, X-ray microanalyzer and so on.

Operation of the charged particle generating apparatus as an ion/electron source

The operations shown in Figs. 3 and 4 can alternately be carried out. In such a case, the direction of the electric field can be reversed at least. The raw material supplied may be changed if necessary, or may not necessarily be changed.

The prior art required to change the pressure between the

in-chamber pressure of 10^{-2} Pa when the charged particle generating apparatus is used as the ion source and the pressure of 10^{-6} Pa when the charged particle generating apparatus is used as the electron source, by the use of a turbo-molecular pump or the like. In this embodiment, the in-chamber pressure will be substantially invariable even though the charged particle generating apparatus is used as the ion source or electron source. In other words, the dimension of the raw-material passage 108 in the charged particle generating electrode 100 is selected so that the pressure at the fee end of the charged particle generating electrode 100 will not substantially vary. Therefore, this embodiment does not require any large-sized pump as in the prior art.

Explanation 2 relating to the operation of the charged particle generating apparatus as an electron source

In the case of using a single charged particle generating apparatus as ion and electron sources, the operation of the electron source is not restricted to the operation described in connection with Fig. 4.

Fig. 5 shows another embodiment of the present invention in which the charged particle generating apparatus is operated as an electron source.

The formation of electric field in Fig. 5 is similar to that of Fig. 4 except that the supply of raw material is stopped. In this case, the electrons will be emitted from the charged particle generating electrode 100 itself which is formed of the

carbon tube 102.

In this case, the charged particle generating electrode 100 has previously been heated by the heater 150 to remove the raw material adhered to the free end thereof. Thus, the surface
5 of the charged particle generating electrode 100 will be cleaned for proper emission of electrons.

Since the pressure around the charged particle generating electrode 100 will not almost vary, this embodiment does not also require any large-sized pump.

10 When the charged particle generating apparatus is been using as the electron source, the charged particle generating electrode 100 may be continued to be heated by the heater 150. Thus, the charged particle generating electrode 100 may be used as a thermal field emission type electron source.

15 In comparison with the case of Fig. 4 in which different raw materials are used for ion source and for electron source, the case of Fig. 5 can more easily accomplish the purpose only by opening/closing the valve 134. In the case of Fig. 4 wherein the different raw materials are used in ion and electron
20 generation modes, for example, it is required to exhaust the raw-material storage 130 for preventing the raw materials from being mixed together.

The present invention is not limited to the aforementioned embodiments, but may be carried out in any of
25 various other forms without departing from the scope and purpose of the invention.

For example, the structure of the charged particle

generating electrode 100 is not limited to that of Fig. 2, but may take any of various other forms so far as it has the raw-material passage 108.

What is claimed is:

1. A charged particle generating apparatus comprising:

5 a charged particle generating electrode including a raw-material passage formed therethrough, the raw-material passage extending from a base end to a free end of the charged particle generating electrode;

10 a raw-material supply section connected to the base end and supplying a raw material to the raw-material passage of the charged particle generating electrode; and

a charged particle extract electrode which generates an electric field between the charged particle extract electrode and the free end of the charged particle generating electrode.

15 2. The charged particle generating apparatus according to claim 1,

wherein an ion of the raw material is emitted at the free end of the charged particle generating electrode by generating the electric field in which the charged particle generating electrode is positive and the charged particle extract electrode is negative.

3. The charged particle generating apparatus according to claim 1,

25 wherein an electron of the raw material is emitted at the free end of the charged particle generating electrode by generating the electric field in which the charged particle

generating electrode is negative and the charged particle extract electrode is positive.

4. The charged particle generating apparatus according to
5 claim 1,

wherein one of an ion and an electron of the raw material is selectively emitted at the free end of the charged particle generating electrode by selectively generating a first electric field in which the charged particle generating electrode is
10 positive and the charged particle extract electrode is negative and a second electric field in which the charged particle generating electrode is negative and the charged particle extract electrode is positive.

15 5. The charged particle generating apparatus according to claim 3,

wherein when electron of the raw material is emitted, the raw-material supply section supplies the raw material having a work function lower than a work function of the charged
20 particle generating electrode material.

6. A charged particle generating apparatus comprising:
a charged particle generating electrode including a raw-material passage formed therethrough, the raw-material
25 passage extending from a base end to a free end of the charged particle generating electrode;

a raw-material supply section connected to the base end

and supplying a raw material to the raw-material passage of the charged particle generating electrode;

a charged particle extract electrode which generates an electric field between the charged particle extract electrode
5 and the free end of the charged particle generating electrode;

an electric-field-forming power supply section which generates a first electric field, in which the charged particle generating electrode is positive and the charged particle extract electrode is negative, in an ion generation mode, and
10 generates a second electric field, in which the charged particle generating electrode is negative and the charged particle extract electrode is positive, in an electron generation mode;
and

a raw-material supply stopping section which stops the
15 supply of raw material from the raw-material supply section in the electron generation mode.

7. The charged particle generating apparatus according to claim 1, further comprising a temperature controlling section
20 which controls the temperature of the charged particle generating electrode.

8. The charged particle generating apparatus according to claim 1,
25 wherein the charged particle generating electrode has a tubular structure.

9. The charged particle generating apparatus according to claim 8,

wherein the charged particle generating electrode has a multiwall tubular structure.

5

10. The charged particle generating apparatus according to claim 8,

wherein the charged particle generating electrode is formed by a carbon tube.

10

11. A charged particle generating method comprising the steps of:

supplying a raw material to a tip end of a charged particle generating electrode through a raw-material passage formed in the charged particle generating electrode; and

generating an electric field between the charged particle generating electrode and a charged particle extract electrode and generating charged particles of the raw material at the tip end of the charged particle generating electrode.

20

12. The charged particle generating method according to claim 11,

wherein an ion of the raw material is emitted at the tip end of the charged particle generating electrode by generating the electric field in which the charged particle generating electrode is positive and the charged particle extract electrode is negative.

13. The charged particle generating method according to claim 11,

5 wherein electron of the raw material is emitted at the tip end of the charged particle generating electrode by generating the electric field in which the charged particle generating electrode is negative and the charged particle extract electrode is positive.

10 14. The charged particle generating method according to claim 11,

15 wherein one of an ion and an electron of the raw material is selectively emitted at the tip end of the charged particle generating electrode by selectively generating a first electric field in which the charged particle generating electrode is positive and the charged particle extract electrode is negative and a second electric field in which the charged particle generating electrode is negative and the charged particle extract electrode is positive.

20

15. The charged particle generating device according to claim 13,

25 wherein when electron of the raw material is emitted, the raw-material supply section supplies the raw material having a work function lower than a work function of the charged particle generating electrode material.

16. A charged particle generating method in which mode is changeable between an ion generation mode and an electron generation mode, the method comprising the steps of:

in the ion generation mode,

5 supplying a raw material to a tip end of a charged particle generating electrode through a raw-material passage formed in the charged particle generating electrode; and

generating a first electric field in which the charged particle generating electrode is positive and the charged
10 particle extract electrode is negative to emit an ion of the raw material at the tip end of the charged particle generating electrode,

in the electron generation mode,

stopping supplying the raw material from the raw-material
15 supply section; and

generating a second electric field in which the charged particle generating electrode is negative and the charged particle extract electrode is positive to emit an electron from the charged particle generating electrode.

20

17. The charged particle generating method according to claim 16, further comprising a step of controlling the temperature of the charged particle generating electrode in at least one of the ion generation mode and the electron generation mode.

ABSTRACT

A charged particle generating device and method in which mode is changeable between an ion generation mode and an electron generation mode. In the ion generation mode, a raw material is supplied to a tip end of a charged particle generating electrode through a raw-material passage formed in the charged particle generating electrode. A first electric field, in which the charged particle generating electrode is positive and the charged particle extract electrode is negative, is generated to emit ions from the raw material at the charged particle generating electrode. In the electron generation mode, supplying the raw material from the raw-material supply section is stopped. A second electric field, in which the charged particle generating electrode is negative and the charged particle extract electrode is positive, is generated to emit electrons from the charged particle generating electrode itself.

FIG. 1

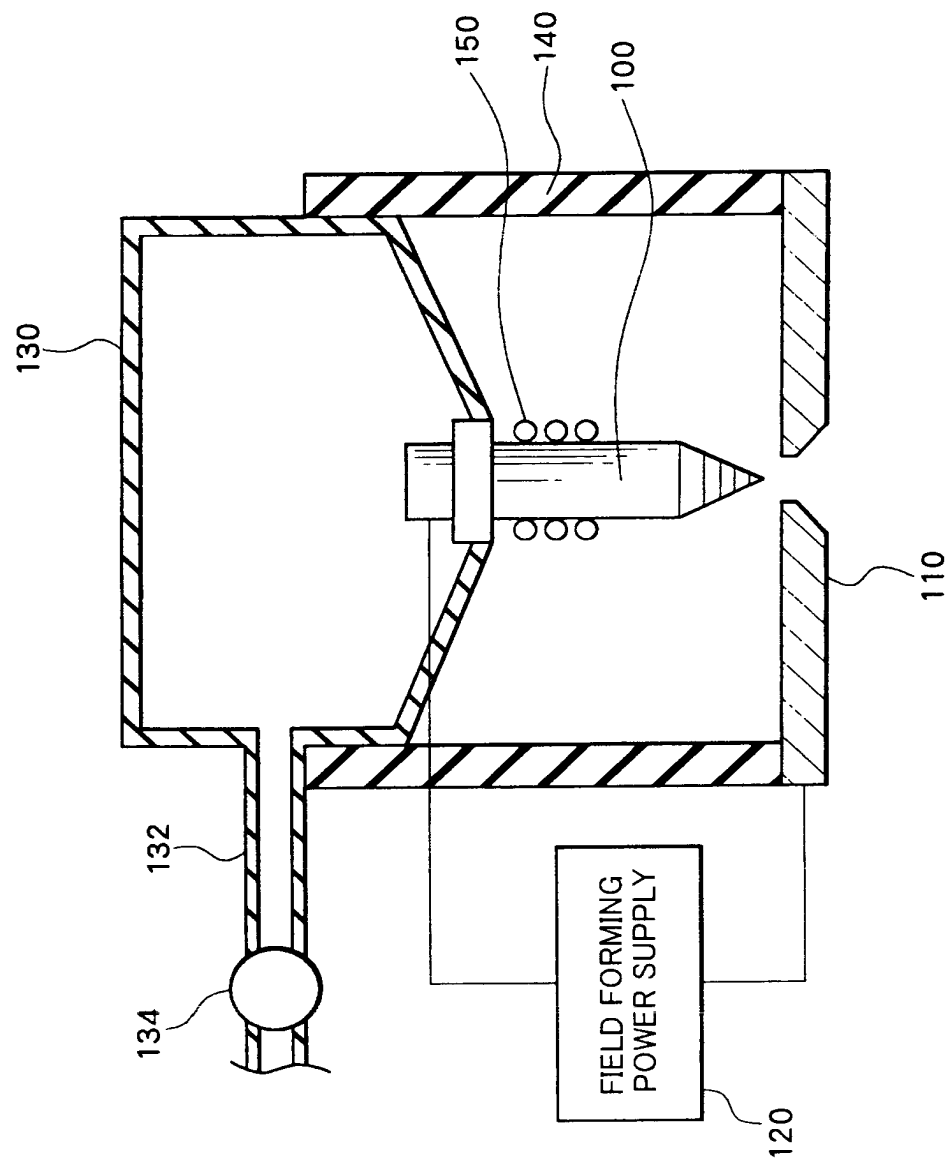


FIG. 2

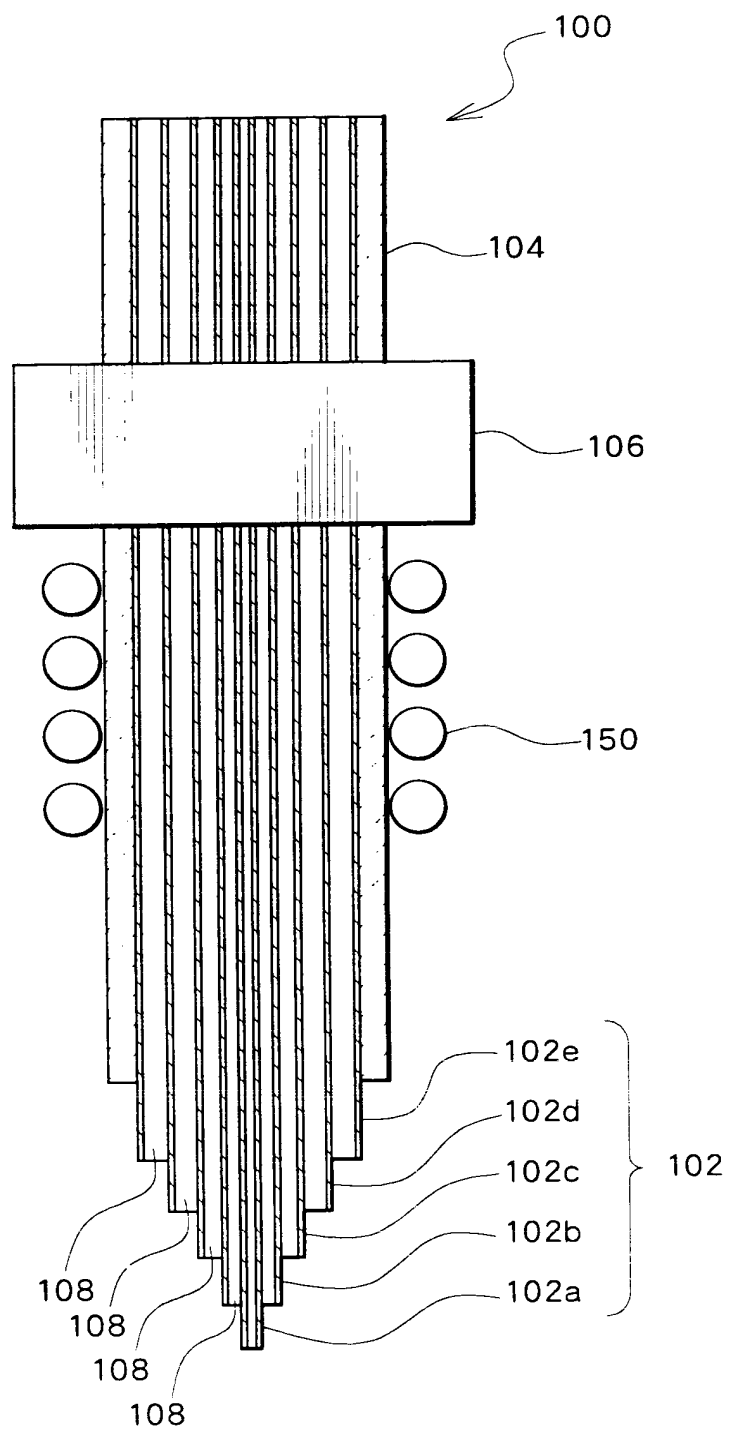


FIG. 3

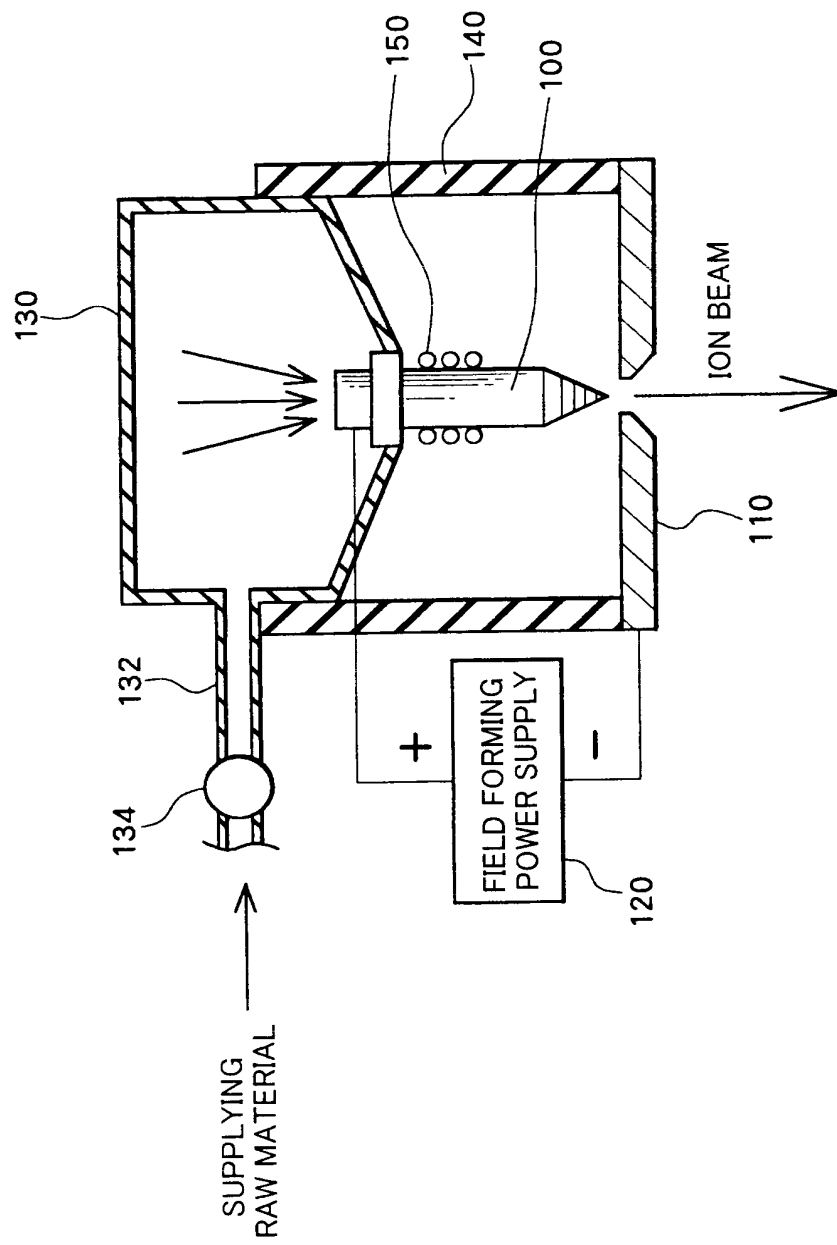


FIG. 4

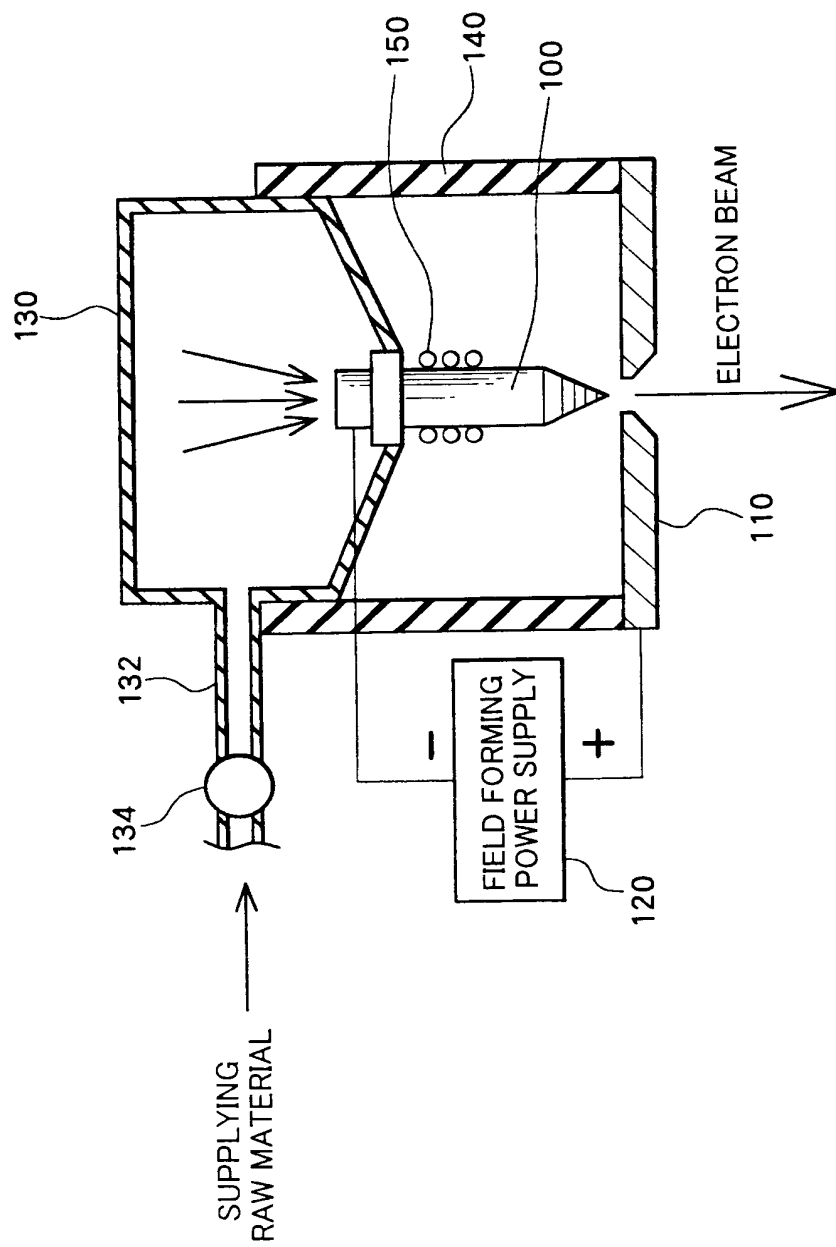
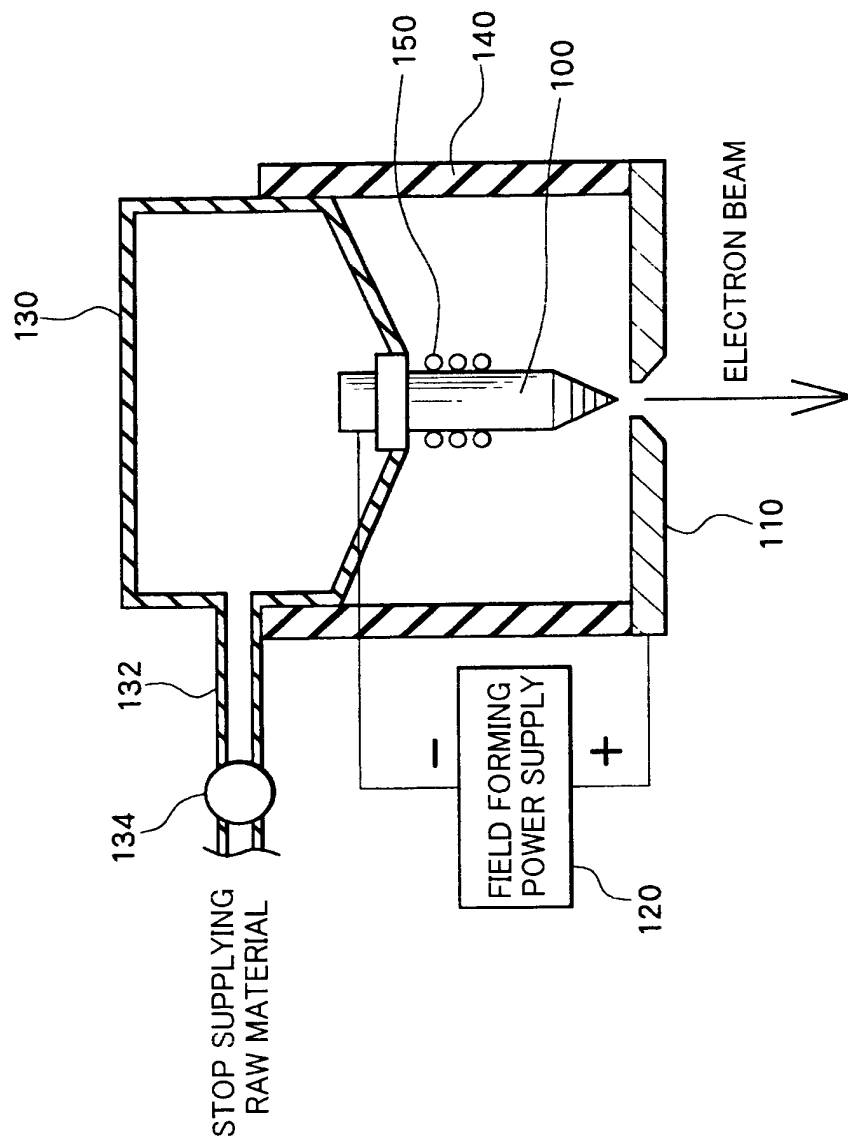


FIG. 5



01 P L
MAY 17 2002
RECEIVED

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Hisao HOJOH et al.

Group Art Unit: 1741

Application No.: 10/091,539

Filed: March 7, 2002

Docket No.: 108931

For: APPARATUS AND METHOD OF GENERATING CHARGED PARTICLES

CLAIM FOR PRIORITY

Director of the U.S. Patent and Trademark Office
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2002-021641 filed January 30, 2002.

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

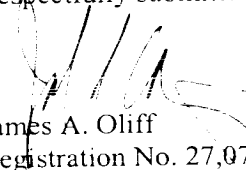
 X is filed herewith.

 was filed on in Parent Application No. filed .

 will be filed at a later date.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,


James A. Oliff
Registration No. 27,075

Joel S. Armstrong
Registration No. 36,430

JAO:JSA/cmm

Date: May 17, 2002

OLIFF & BERRIDGE, PLC
P.O. Box 19928
Alexandria, Virginia 22320
Telephone: (703) 836-6400

| |
|--|
| DEPOSIT ACCOUNT USE AUTHORIZATION Please grant any extension necessary for entry: Charge any fee due to our Deposit Account No. 15-0461 |
|--|



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application: 2 0 0 2 年 1 月 3 0 日

出 願 番 号

Application Number: 特 願 2 0 0 2 - 0 2 1 6 4 1

[ST.10/C]:

[J P 2 0 0 2 - 0 2 1 6 4 1]

出 願 人

Applicant(s): バキュームプロダクツ株式会社

2 0 0 2 年 3 月 1 2 日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造

出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 2 - 3 0 1 6 1 2 5

【書類名】 特許願
【整理番号】 PS-0046601
【提出日】 平成14年 1月30日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01J 1/30
【発明者】

【住所又は居所】 東京都武蔵野市境 2 丁目 2 1 番 1 6 号

【氏名】 北條 久男

【発明者】

【住所又は居所】 茨城県つくば市上ノ室 1 2 8 0

【氏名】 小野 雅敏

【発明者】

【住所又は居所】 長野県須坂市臥竜 1 丁目 4 番 8 号

【氏名】 遠藤 守信

【発明者】

【住所又は居所】 東京都小金井市本町 6 丁目 5 番 3 号 2 0 6

【氏名】 内山 哲夫

【特許出願人】

【識別番号】 390038896

【氏名又は名称】 バキュームプロダクツ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100090479

【弁理士】

【氏名又は名称】 井上 一

【電話番号】 03-5397-0891

【選任した代理人】

【識別番号】 100090387

【弁理士】

【氏名又は名称】 布施 行夫

【電話番号】 03-5397-0891

【選任した代理人】

【識別番号】 100090398

【弁理士】

【氏名又は名称】 大淵 美千栄

【電話番号】 03-5397-0891

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001- 66184

【出願日】 平成13年 3月 9日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 039491

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【物件名】 委任状 1

【援用の表示】 特願 2 0 0 1 - 6 6 1 8 4 の委任状

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 荷電粒子発生装置及びその発生方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基端部から自由端部に連通する原材料通路を有する荷電粒子発生電極と、

前記基端部に連結され、前記荷電粒子発生電極の前記原材料通路に原材料を供給する原材料供給部と、

前記荷電粒子発生電極の前記自由端部との間に電界を形成する荷電粒子引出し電極と、

を有することを特徴とする荷電粒子発生装置。

【請求項 2】 請求項 1 において、

前記荷電粒子発生電極側を正極性とし前記荷電粒子引出し電極側を負極性とする電界を形成して、前記荷電粒子発生電極の前記自由端部にて前記原材料からイオンを発生させることを特徴とする荷電粒子発生装置。

【請求項 3】 請求項 1 において、

前記荷電粒子発生電極側を負極性とし前記荷電粒子引出し電極側を正極性とする電界を形成して、前記荷電粒子発生電極の前記自由端部にて前記原材料からエレクトロンを発生させることを特徴とする荷電粒子発生装置。

【請求項 4】 請求項 1 において、

前記荷電粒子発生電極側を正極性とし前記荷電粒子引出し電極側を負極性とする第 1 の電界と、前記荷電粒子発生電極側を負極性とし前記荷電粒子引出し電極側を正極性とする第 2 の電界とを切り換えて形成して、前記荷電粒子発生電極の前記自由端部にて前記原材料からイオン及びエレクトロンを切り換えて発生させることを特徴とする荷電粒子発生装置。

【請求項 5】 請求項 3 または 4 において、

前記原材料からエレクトロンを発生する際には、前記原材料供給部は、前記荷電粒子発生電極の素材よりも低い仕事関数を持つ原材料を供給することを特徴とする荷電粒子発生装置。

【請求項 6】 基端部から自由端部に連通する原材料通路を有する荷電粒子発生電極と、

前記基端部に連結され、前記荷電粒子発生電極の前記原材料通路に原材料を供給する原材料供給部と、

前記荷電粒子発生電極の前記自由端部との間に電界を形成する荷電粒子引出し電極と、

イオン発生モードでは、前記荷電粒子発生電極側を正極性とし前記荷電粒子引出し電極側を負極性とする第 1 の電界を、エレクトロン発生モードでは、前記荷電粒子発生電極側を負極性とし前記荷電粒子引出し電極側を正極性とする第 2 の電界を形成する電界形成電源部と、

前記エレクトロン発生モードにて前記原材料供給部からの原材料の供給を停止する原材料供給停止部と、

を有することを特徴とする荷電粒子発生装置。

【請求項 7】 請求項 1 乃至 6 のいずれかにおいて、

前記荷電粒子発生電極の温度を調整する温調部をさらに有することを特徴とする荷電粒子発生装置。

【請求項 8】 請求項 1 乃至 7 のいずれかにおいて、

前記荷電粒子発生電極はチューブ構造を有することを特徴とする荷電粒子発生装置。

【請求項 9】 請求項 8 において、

前記荷電粒子発生電極は多層チューブ構造であることを特徴とする荷電粒子発生装置。

【請求項 10】 請求項 8 または 9 において、

前記荷電粒子発生電極はカーボンチューブにて形成されていることを特徴とする荷電粒子発生装置。

【請求項 11】 荷電粒子発生電極に設けられた原材料通路を介して原材料を導いて、前記荷電粒子発生電極の先端に原材料を供給する工程と、

前記荷電粒子発生電極と荷電粒子引出し電極との間に電界を形成して、前記荷電粒子発生電極の前記先端にて前記原材料から荷電粒子を発生させる工程と、

を有することを特徴とする荷電粒子発生方法。

【請求項 1 2】 請求項 1 1 において、

前記荷電粒子発生電極側を正極性とし前記荷電粒子引出し電極側を負極性とする電界を形成して、前記荷電粒子発生電極の前記先端にて前記原材料からイオンを発生させることを特徴とする荷電粒子発生方法。

【請求項 1 3】 請求項 1 1 において、

前記荷電粒子発生電極側を負極性とし前記荷電粒子引出し電極側を正極性とする電界を形成して、前記荷電粒子発生電極の前記先端にて前記原材料からエレクトロンを発生させることを特徴とする荷電粒子発生方法。

【請求項 1 4】 請求項 1 1 において、

前記荷電粒子発生電極側を正極性とし前記荷電粒子引出し電極側を負極性とする第 1 の電界と、前記荷電粒子発生電極側を負極性とし前記荷電粒子引出し電極側を正極性とする第 2 の電界とを切り換えて形成して、前記荷電粒子発生電極の前記先端にて前記原材料からイオン及びエレクトロンを切り換えて発生させることを特徴とする荷電粒子発生方法。

【請求項 1 5】 請求項 1 3 または 1 4 において、

前記原材料からエレクトロンを発生する際には、前記原材料供給部は、前記荷電粒子発生電極の素材よりも低い仕事関数を持つ原材料を供給することを特徴とする荷電粒子発生方法。

【請求項 1 6】 イオン発生モードとエレクトロン発生モードとが切り換え可能な荷電粒子発生方法であって、

前記イオン発生モードでは、

荷電粒子発生電極に設けられた原材料通路を介して原材料を導いて、前記荷電粒子発生電極の先端に原材料を供給する工程と、

前記荷電粒子発生電極側を正極性とし荷電粒子引出し電極側を負極性とする第 1 の電界を形成して、前記荷電粒子発生電極の前記先端にて前記原材料からイオンを発生させる工程と、

を有し、

前記エレクトロン発生モードでは、

前記原材料供給部からの前記原材料の供給を停止する工程と、

前記荷電粒子発生電極側を負極性とし荷電粒子引出し電極側を正極性とする第 2 の電界を形成して、前記荷電粒子発生電極自体よりエレクトロンを発生させる工程と、

を有することを特徴とする荷電粒子発生方法。

【請求項 1 7】 請求項 1 6 において、

前記イオン発生モード及びエレクトロン発生モードの少なくとも一方にて、前記荷電粒子発生電極を温度調整する工程をさらに有することを特徴とする荷電粒子発生方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、イオン、エレクトロン等の荷電粒子の一方を、またはその双方を択一的に発生させる荷電粒子発生装置及びその発生方法に関する。

【0 0 0 2】

【背景技術及び発明が解決しようとする課題】

従来のイオン源では、針状電極の周囲を例えば 10^{-8} Pa 程度に真空引きすると共に、常温では気体の原材料を針状電極の先端部に供給して、針状電極の周囲は 10^{-2} Pa 程度となる。針状電極は、発生させたいイオン種に応じて冷却され、それにより原材料ガスは液化され、針状電極と引出し電極との間の強電界によってイオン化される。このように、従来は原材料の液化のための冷却装置が不可欠であった。また、供給される原材料の多くは真空排気系に流れるため、原材料の有効利用ができずに無駄に消費されていた。

【0 0 0 3】

ところで近年、ナノテクノロジーの要請から、1 台の装置にて電子ビームとイオンビームとを放射できる装置が切望されている。例えば、電子ビームとイオンビームの特徴を使い分けて描画や加工を行うことである。あるいは、イオンビームによる描画やイオン打ち込みなどのプロセス中に、その様子を電子線を用いてモニタすることも考えられる。

【 0 0 0 4 】

この場合、上述のイオン源にて原材料の供給を止め、針状電極から電子を放出することが考えられる。ただし、針状電極の先端部には原材料が吸着しているため、加熱機構によって吸着物を取り除き、清浄な面より電子を放出させる必要があった。

【 0 0 0 5 】

このように、針状電極はイオン源として使用されるときには冷却され、電子源として使用されるときには加熱される。この結果、針状電極の温度を例えば数 K から 2 0 0 0 K 程度まで速やかに変更する必要がある。この結果、加熱機構に加えて、冷却装置として液体ヘリウムや液体窒素などの槽や冷凍機が不可欠となる。

【 0 0 0 6 】

また、針状電極の雰囲気圧力は、電子源として用いられる際には 10^{-8} Pa であるのに対して、イオン源として用いられるときには原材料ガスに依存して例えば 10^{-2} Pa 程度となる。このような圧力差のある各圧力に速やかに設定するには、負荷に強いターボ分子ポンプ（油拡散ポンプ）が必要である。しかも差動排気方式を用いるなど、真空排気系でも大きな問題が生ずる。

【 0 0 0 7 】

本発明の目的は、イオン源、電子源の一方あるいはその双方に適した、新規な構造の荷電粒子発生装置及びその発生方法を提供することにある。

【 0 0 0 8 】

本発明の他の目的は、原材料を液化温度まで冷却することなくイオン化させることができる荷電粒子発生装置及びその発生方法を提供することにある。

【 0 0 0 9 】

本発明のさらに他の目的は、原材料を無駄に消費させることなくイオン化させることができる荷電粒子発生装置及びその発生方法を提供することにある。

【 0 0 1 0 】

本発明のさらに他の目的は、原材料の供給によってエレクトロンを発生させることができる荷電粒子発生装置及びその発生方法を提供することにある。

【 0 0 1 1 】

本発明のさらに他の目的は、荷電粒子発生電極の材質に拘らず、電子流密度の大きいエレクトロンを発生することができる荷電粒子発生装置及びその発生方法を提供することにある。

【 0 0 1 2 】

本発明のさらに他の目的は、真空排気系を小型に維持しながら、1台の装置をイオン源と電子源とに切り換えて使用することができる荷電粒子発生装置及びその発生方法を提供することにある。

【 0 0 1 3 】

【課題を解決するための手段】

本発明の一態様に係る荷電粒子発生装置は、基端部から自由端部に連通する原材料通路を有する荷電粒子発生電極と、前記基端部に連結され、前記荷電粒子発生電極の前記原材料通路に原材料を供給する原材料供給部と、前記荷電粒子発生電極の前記自由端部との間に電界を形成する荷電粒子引出し電極とを有することを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

本発明によれば、原材料は荷電粒子発生電極自体に設けられた原材料通路を経由して、原材料供給部より荷電粒子発生電極の自由端部（または先端部）に導かれる。この荷電粒子発生電極の自由端部と荷電粒子引出し電極との間には電界が形成されているので、その自由端部に位置する原材料から荷電粒子が発生する。

【 0 0 1 5 】

この荷電粒子は、電界の方向に依存して、イオンまたはエレクトロンとなる。

【 0 0 1 6 】

ここで、荷電粒子発生電極側を正極性とし荷電粒子引出し電極側を負極性とする電界を形成すれば、荷電粒子発生電極の自由端部にて原材料からイオンを発生させることができる。

【 0 0 1 7 】

逆に、荷電粒子発生電極側を負極性とし荷電粒子引出し電極側を正極性とする電界を形成して、荷電粒子発生電極の自由端部にて原材料からエレクトロンを発

生させることができる。

【 0 0 1 8 】

あるいは、荷電粒子発生電極側を正極性とし荷電粒子引出し電極側を負極性とする第1の電界と、荷電粒子発生電極側を負極性とし荷電粒子引出し電極側を正極性とする第2の電界とを切り換えて形成してもよい。こうすると、荷電粒子発生電極の自由端部にて原材料からイオン及びエレクトロンを切り換えて発生させることができる。

【 0 0 1 9 】

ここで、原材料からエレクトロンを発生する際には、原材料供給部は、荷電粒子発生電極の素材よりも低い仕事関数を持つ原材料を供給することができる。こうすると、電子流密度の大きいエレクトロンを発生させる温度、電界などの条件が緩和される。

【 0 0 2 0 】

本発明の他の態様に係る荷電粒子発生装置は、基端部から自由端部に連通する原材料通路を有する荷電粒子発生電極と、前記基端部に連結され、前記荷電粒子発生電極の前記原材料通路に原材料を供給する原材料供給部と、前記荷電粒子発生電極の前記自由端部との間に電界を形成する荷電粒子引出し電極と、イオン発生モードでは、前記荷電粒子発生電極側を正極性とし前記荷電粒子引出し電極側を負極性とする第1の電界を、エレクトロン発生モードでは、前記荷電粒子発生電極側を負極性とし前記荷電粒子引出し電極側を正極性とする第2の電界を形成する電界形成電源部と、前記エレクトロン発生モードにて前記原材料供給部からの原材料の供給を停止する原材料供給停止部とを有することを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

本発明の他の態様では、エレクトロン発生モードでは原材料の供給を停止している。こうすると、荷電粒子発生電極自体からエレクトロンが放出される。イオン発生モードとエレクトロン発生モードとで使用する原材料が異なる場合と比較すれば、原材料の供給を停止するだけなので、制御が簡易となる。

【 0 0 2 2 】

ここで、本発明の各態様では、荷電粒子発生電極の温度を調整する温調部をさ

らに設けることができる。この温調により、原材料の供給量を制御できたり、荷電粒子発生電極を清浄にしたり、荷電粒子発生電極より熱電子を放出させたりすることが可能となる。

【 0 0 2 3 】

また、本発明の各態様で用いられる荷電粒子発生電極は、中心部を貫通する微小直径の空洞を有するチューブ構造にて構成できる。この電極チューブ構造は、カーボンにて構成できる。特に、円筒網状に炭素原子が配列した単層のナノチューブ（カーボンナノチューブ）あるいは径の異なるナノチューブを多層に積層したナノファイバーにて荷電粒子発生電極を形成することができる。円筒網状の構造は、不定形カーボン、多結晶カーボン、あるいは墨と同様な炭素の単原子層から構成できる。

【 0 0 2 4 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【 0 0 2 5 】

（荷電粒子発生装置の構成）

図 1 は、本実施の形態に係る荷電粒子発生装置の模式図である。

【 0 0 2 6 】

図 1 において、この荷電粒子発生装置は、荷電粒子発生電極 1 0 0 と、荷電粒子引出し電極 1 1 0 と、それらの間に強電界を形成する電界形成電源部 1 2 0 とを有している。

【 0 0 2 7 】

荷電粒子発生電極 1 0 0 は、例えば絶縁体で構成された原材料溜め 1 3 0 に支持されている。この原材料溜め 1 3 0 には、原材料の供給口 1 3 2 が設けられ、バルブ 1 3 4 により原材料の供給／停止が可能となっている。

【 0 0 2 8 】

荷電粒子引出し電極 1 1 0 は、絶縁性の電極支持体 1 4 0 を介して原材料溜め 1 3 0 に支持されている。

【 0 0 2 9 】

なお、図2では原料溜め130を絶縁体で構成しているが、導電体で構成しても良い。この場合、原料溜め130に連結される供給口132を高圧導入端子として用いることで、荷電粒子発生電極への高電圧の供給を原料溜め130を介して実施することができる。

【0030】

図2は、荷電粒子発生電極100を模式的に示す拡大図である。図2において、荷電粒子発生電極100は例えば、同心円筒状の多層のカーボンチューブ102にて形成されている。図2では模式的に5層のカーボンチューブ102a～102eが示されている。このカーボンチューブ102の自由端部は、例えばKOH溶液などでエッチングすることで針状に形成されている。カーボンチューブ102の外周面にはTaメッキまたはNiメッキなどのメッキ層104が形成されている。メッキ層104は、例えばメッキ層形成後に濃硫酸、濃塩酸などにてウェットエッチングすることで、カーボンチューブ102の自由端部では除去されている。

【0031】

さらに、カーボンチューブ102の基部端には、例えばタングステン(W)などの材質から成る電極支持体106が例えば溶接によって形成されている。なお、メッキ層104はカーボンチューブ102に電極支持体106を一体化させるために形成されている。

【0032】

この荷電粒子発生電極は、単層または多層のカーボンナノチューブを単一あるいは複数束ねて構成しても良い。この場合、カーボンナノチューブの自由端部は元々極小径であるので、自由端部を針状に加工しなくても、針状電極として十分に機能させることが可能となる。

【0033】

このように荷電粒子発生電極100は、単層または多層のカーボンチューブ102にて形成され、カーボンチューブ102自体は網状筒体となっている。従って、荷電粒子発生電極100を構成するカーボンチューブ102の網状の目、筒体の中空部、筒体間の間隙などが、原材料通路路108として機能することにな

る。換言すれば、原材料溜め 1 3 0 と、荷電粒子発生電極 1 0 0 の自由端部とは、荷電粒子発生電極 1 0 0 の原材料通路 1 0 8 を介して連通している。

【 0 0 3 4 】

さらに、荷電粒子発生電極 1 0 0 の周囲には、温度調整部として例えばヒータ 1 5 0 が配設されている。このヒータ 1 5 0 による加熱方式としては、荷電粒子発生電極 1 0 0 を直接加熱しても間接加熱しても良い。

【 0 0 3 5 】

(イオン源としての荷電粒子発生装置の動作説明)

図 3 は、図 1 の装置をイオン源として用いる時の動作説明図である。図 1 の装置をイオン源として用いて正イオンを発生させるには、図 3 に示すように、荷電粒子発生電極 1 0 0 側を正極性とし、荷電粒子引出し電極 1 1 0 側を負極性とする強電界とする電界を、電界形成電源部 1 2 0 により形成する。

【 0 0 3 6 】

また、バルブ 1 3 4 を開いて導入口 1 3 2 より原材料溜め 1 3 0 内にイオン種となる原材料を供給する。

【 0 0 3 7 】

ここで、荷電粒子発生電極 1 0 0 の周囲の雰囲気圧力は、例えば 10^{-8} Pa 程度まで、図示しないポンプにて真空引きされる。

【 0 0 3 8 】

この真空雰囲気と原材料溜め 1 3 0 とは、荷電粒子発生電極 1 0 0 の原材料通路 1 0 8 を介して連通している。

【 0 0 3 9 】

このため、原材料溜め 1 3 0 内の原材料は、荷電粒子発生電極 1 0 0 の原材料通路 1 0 8 を経由して荷電粒子発生電極 1 0 0 の基端部より自由端部側に向けて拡散し、または差圧により移送される。

【 0 0 4 0 】

こうして荷電粒子発生電極 1 0 0 の自由端部まで拡散された原材料は、上述の強電界によりイオン化され、その陽イオンが荷電粒子引出し電極 1 1 0 により引き出されて、イオンビームを放射することができる。

【 0 0 4 1 】

このとき、従来装置では、荷電粒子発生電極の周囲で原材料ガスを液化させるための液体ヘリウム、液体窒素などの槽や冷凍機が必要であったが、本実施の形態では不要となる。

【 0 0 4 2 】

また、荷電粒子発生電極 1 0 0 が例えばカーボンチューブ 1 0 2 にて形成されて極めて小径の原材料通路 1 0 8 を有すれば、供給された原材料はほとんどイオン化され、無駄に消費されることがない。

【 0 0 4 3 】

ここで、供給される原材料としては、発生させたいイオン種に応じて選択できる。この荷電粒子発生装置がイオン注入装置のイオン源として用いられる場合、打ち込みたいイオン種に応じて原材料を選択することができる。イオンビームを用いてワークを加工する場合のように、イオン種に特に制限がない場合には、例えばセシウム（C s）、バリウム（B a）などのように、仕事関数の絶対値が低い原材料を供給することが好ましい。緩和された温度条件の下で所望のイオン電流を確保できるからである。

【 0 0 4 4 】

なお、原材料が原材料通路 1 0 8 を通過する速度は、原材料の供給圧、チャンバー内の真空度その他、ヒータ 1 5 0 の温度設定により調節することも可能である。

【 0 0 4 5 】

このような電界電離型イオン源は、イオンマイクロアナライザー、イオンビーム描画装置、露光装置、走査イオン顕微鏡（S I M）、ミールング装置、イオン注入装置等に利用出来る。

【 0 0 4 6 】

（電子源としての荷電粒子発生装置の動作説明 1）

図 4 は、図 1 の装置を電子源として用いる時の動作説明図である。図 1 の装置を電子源として用いてエレクトロンを発生させるには、図 4 に示すように、荷電粒子発生電極 1 0 0 側を負極性とし、荷電粒子引出し電極 1 1 0 側を正極性とする。

る強電界とする電界を、電界形成電源部 1 2 0 により形成する。

【 0 0 4 7 】

また、バルブ 1 3 4 を開いて導入口 1 3 2 より原材料溜め 1 3 0 内に原材料を供給する。こうすると、イオン源の場合と同様にして、原材料溜め 1 3 0 内の原材料は、荷電粒子発生電極 1 0 0 の原材料通路 1 0 8 を経由して荷電粒子発生電極 1 0 0 の基端部より自由端部側に向けて拡散する。

【 0 0 4 8 】

こうして荷電粒子発生電極 1 0 0 の自由端部まで拡散された原材料は、ヒータ 1 5 0 によって設定された温度と、上述の電界とにより電離されて、そのエレクトロンが荷電粒子引出し電極 1 1 0 により引き出されて、電子を放射することができる。なお、原材料自らの低い仕事関数によって、低い電界でもエレクトロンを放射することが可能となる。

【 0 0 4 9 】

このとき、従来装置では、荷電粒子発生電極よりエレクトロンが発生するので、その電子流密度は荷電粒子発生電極の素材によって決まっていた。

【 0 0 5 0 】

本実施の形態では、原材料の低い仕事関数によって容易にエレクトロンが放射されるので、荷電粒子発生電極 1 0 0 の素材は、各種ガスに対する耐食性の高いカーボンとすることができる。このカーボンは仕事関数が 4. 5 (V) と高い。従来装置の荷電粒子発生電極はタングステン (W) が多く使用されているが、その仕事関数も 4. 5 4 (V) とほぼカーボンと同じである。タングステン (W) は、陰極温度 2 5 0 0 K で $2 6 0 0 \text{ A/m}^2$ の熱電子放射電流密度が得られる。

【 0 0 5 1 】

一方、例えば仕事関数が 0. 9 5 (V) と低いバリウム・ストロンチウム (Ba / Sr O) では、タングステン (W) と同じ熱電子放射密度を得るには、陰極温度が 9 0 0 K 程度で良く、約 1 6 0 0 K も低い温度で達成できることになる。

【 0 0 5 2 】

ところで、電子源の求められる特性は、所定のエネルギーを持った電子を、電子流密度が高くかつ干渉性の良い電子ビームとして放射することであり、電子流

密度を高くすることで高輝度エミッタを実現できる。

【 0 0 5 3 】

本実施の形態の荷電粒子発生電極の素材として使用されるカーボン (C) は、融点が高く、種々の気体に対する耐蝕性にも優れているが、その仕事関数は 4.5 (V) とタングステンの仕事関数に近く、高輝度エミッタとして使用するためには、強い電界強度、より細い電極先端形状、あるいはより高い温度が必要であった。

【 0 0 5 4 】

本実施の形態では、単体での仕事関数が 2.11 (V) のバリウム (Ba) や、仕事関数が 1.81 (V) のセシウム (Cs) など、電極素材のカーボンより仕事関数が低い原材料を電極表面に形成することで、高輝度エミッタを実現することが可能となる。

【 0 0 5 5 】

従来はタングステン (W) 電極の表面に、低仕事関数の材料をコートした電極が使われることもあった。例えばバリウム (Ba) をタングステン (W) にコートした W/Ba は仕事関数が 1.56 (V) となる。同様に、W/Cs (セシウム) の仕事関数は 1.36 (V)、W/Th (トリウム) の仕事関数は 2.63 (V)、W/Y (イットリウム) の仕事関数は 2.70 (V)、W/Zr (ジルコニウム) の仕事関数は 3.14 (V) となる。しかし、これらの電極は、コートされた低仕事関数の材料が消耗した時点で電極ごと交換しなければならなかった。

【 0 0 5 6 】

なお、原材料が原材料通路 108 を通過する速度は、原材料の供給圧、チャンバー内の真空度その他、ヒータ 150 の温度設定により調節することも可能であることは、イオン源の場合と同じである。

【 0 0 5 7 】

このような電子源は、走査型電子顕微鏡 (SEM)、電子線描画装置、露光装置、X線マイクロアナライザー等に利用できる。

【 0 0 5 8 】

(荷電粒子発生装置をイオン源／電子源に兼用する動作説明)

図3と図4との各動作を交互に実施することができる。この場合、少なくとも電界方向を互いに逆になるように変えればよい。供給される原材料は、必要により変更しても良いし、必ずしも変更しなくても良い。

【0059】

ここで、従来装置ではイオン源として用いた時のチャンバー内圧力である 10^{-2} Paと、電子源として用いるための 10^{-8} Paとの間でターボ分子ポンプ等を用いて圧力設定する必要があった。本実施の形態では、荷電粒子発生装置をイオン源として用いる時も、電子源として用いるときにも、チャンバー内圧力はほとんど変動がない。換言すれば、荷電粒子発生電極100に設けられた原材料通路108の大きさは、荷電粒子発生電極100の自由端部での圧力変動をほとんど生じさせない程度で原材料を供給するものである。このため、本実施の形態では従来装置のような大型ポンプは不要である。

【0060】

(電子源としての荷電粒子発生装置の動作説明2)

1台の荷電粒子発生装置を、イオン源／電子源として使い分ける場合には、電子源として動作は図4に示す動作に限定されることはない。

【0061】

図5は、荷電粒子発生装置を電子源として動作させる場合の他の実施形態を示している。

【0062】

図5では電界形成について図4と同じであるが、図4とは異なり原材料の供給を停止している。この場合、カーボンチューブ102で形成された荷電粒子発生電極100自体から電子が放出されることになる。

【0063】

この場合には、予めヒータ150によって荷電粒子発生電極100を加熱して、その自由端部に付着していた原材料を除去することができる。こうして、荷電粒子発生電極100の表面が清浄となり、電子を放出し易くなるからである。

【0064】

なお、原材料の供給を停止しても、荷電粒子発生電極 1 0 0 の周囲圧力はほとんど変更されないので、この場合でも大型ポンプは不要である。

【 0 0 6 5 】

また、電子源として使用する間に亘って、荷電粒子発生電極 1 0 0 をヒータ 1 5 0 によって加熱し続けても良い。こうすると、荷電粒子発生電極 1 0 0 を熱電界放射電子源として利用できる。

【 0 0 6 6 】

図 4 の場合であって、イオン源として用いるときの原材料と、電子源として用いるときの原材料とが互いに異なる場合と比較すれば、図 5 の方はバルブ 1 3 4 をオン／オフするだけで良いから容易である。図 4 の場合であって、イオン発生モードとエレクトロン発生モードとで使用する原材料が異なる場合には、原材料同士が混合しないように、原材料溜め 1 3 0 を排気するなどの必要があるからである。

【 0 0 6 7 】

なお、本発明は上述の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。

【 0 0 6 8 】

例えば、荷電粒子発生電極 1 0 0 の構造については、図 2 は一例を挙げたものに過ぎず、原材料通路 1 0 8 を有する他の種々の構造の荷電粒子発生電極を採用することができる。

【 0 0 6 9 】

また、荷電粒子発生装置の全体構成として、図 1 に示す構造に代えて図 6 に示す構造を採用できる。図 6 では、現在実用化されている荷電粒子発生装置の発生源に用いられるヘアピンフィラメント部分と同じような外観を有する原材料溜め 2 0 0 が、碍子 2 1 0 に支持されている。この中空形状の原材料溜め 2 0 0 の一端 2 0 2 には、原材料供給口 2 2 0 から原材料が供給され、他端 2 0 4 は例えば密閉され、通路 2 0 6 に原材料が充填される。

【 0 0 7 0 】

図 6 の A 部拡大図である図 7 に示すように、通路 2 0 6 には、カーボンチュー

ブなどにて形成された荷電粒子発生電極 1 0 0 が、例えばメッキ層または導電性接着剤 2 3 0 にて固定支持されている。図 6 の構造であっても、通路 2 0 6 を介して荷電粒子発生電極 1 0 0 の自由端部に導かれた原材料からイオンを放射できる。また、図 6 の装置においても、図 1 の装置と同様にして電子源として利用できる。なお、荷電粒子発生電極 1 0 0 を支持する原材料溜め 2 0 0 は、金属（タングステン等）またはカーボンにて形成でき、荷電粒子発生電極 1 0 0 の加熱に利用しても良い。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態に係る荷電粒子発生装置の概略断面図である。

【図 2】

図 1 に示す荷電粒子発生電極を模式化した拡大断面図である。

【図 3】

図 1 の装置をイオン源として用いる場合の動作説明図である。

【図 4】

図 1 の装置を電子源として用いる場合の動作説明図である。

【図 5】

図 1 の装置を電子源として用いる場合の図 4 とは異なる動作説明図である。

【図 6】

本発明の他の実施の形態に係る荷電粒子発生装置の概略断面図である。

【図 7】

図 6 の A 部拡大図である。

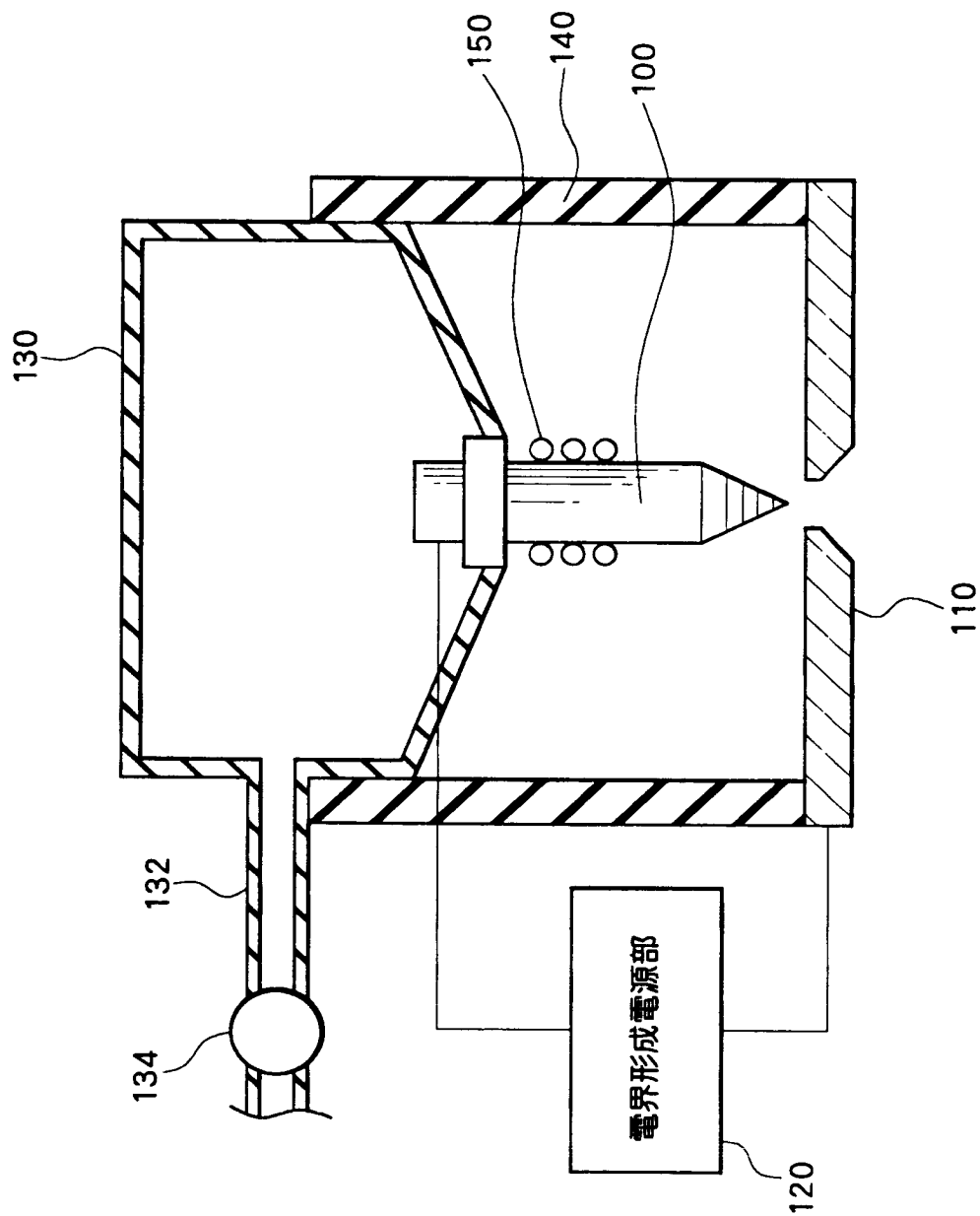
【符号の説明】

- 1 0 0 荷電粒子発生電極
- 1 0 2 カーボンチューブまたはカーボンナノチューブ
- 1 0 4 メッキ層
- 1 0 6 電極支持体
- 1 0 8 原材料通路
- 1 1 0 荷電粒子引出し電極

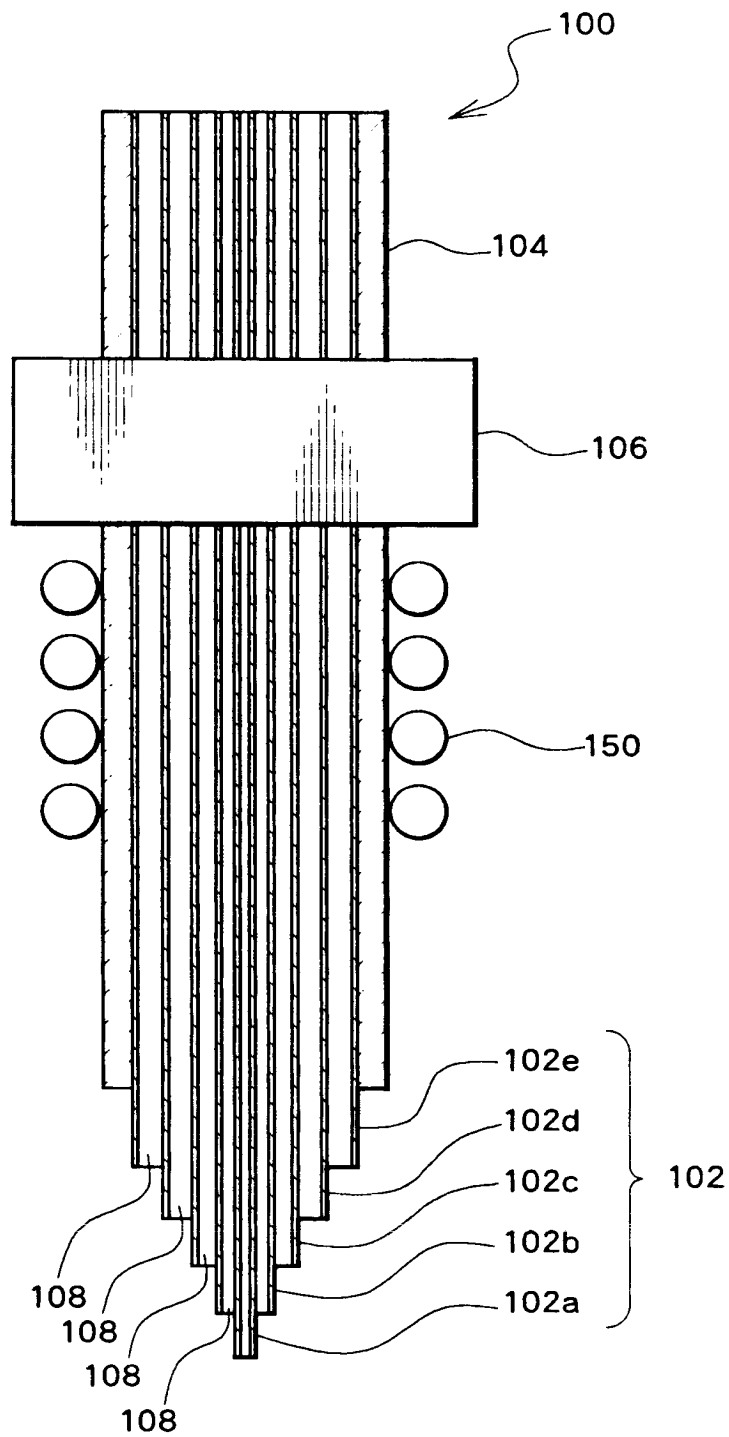
- 1 2 0 電界形成電源部
- 1 3 0, 2 0 0 原材料溜め
- 1 3 2 導入口
- 1 3 4 バルブ
- 1 4 0 電極支持体
- 2 1 0 碍子

【書類名】 図面

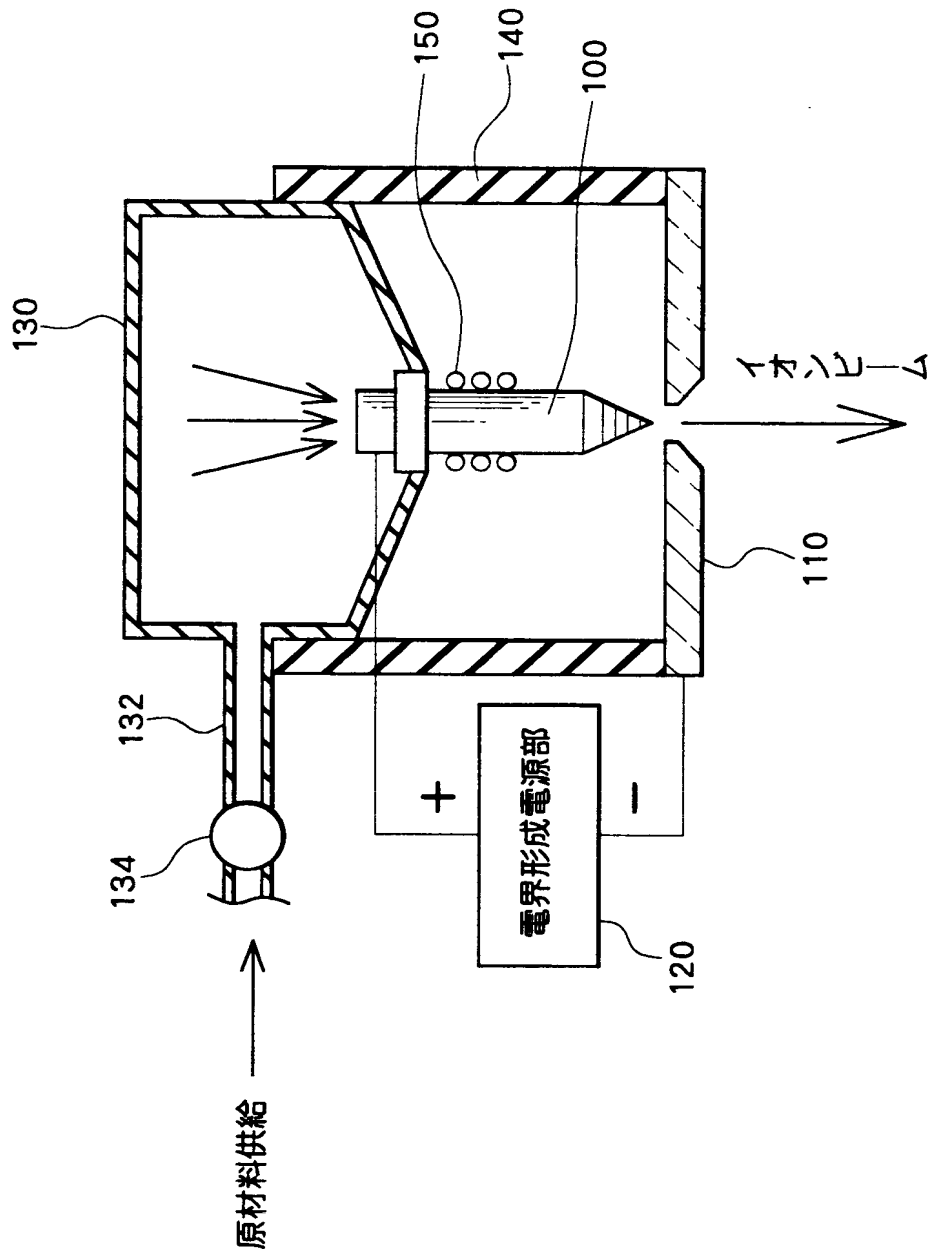
【図1】



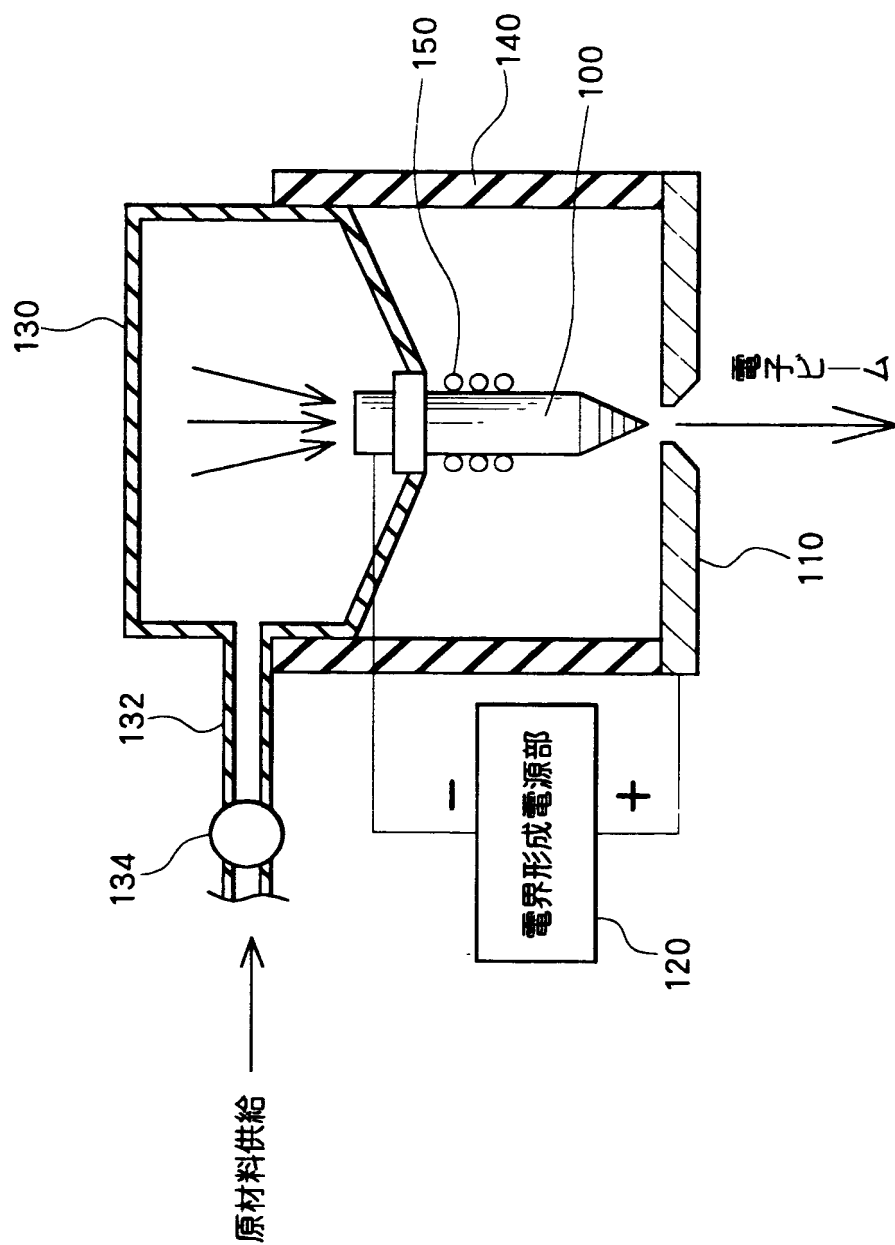
【図 2】



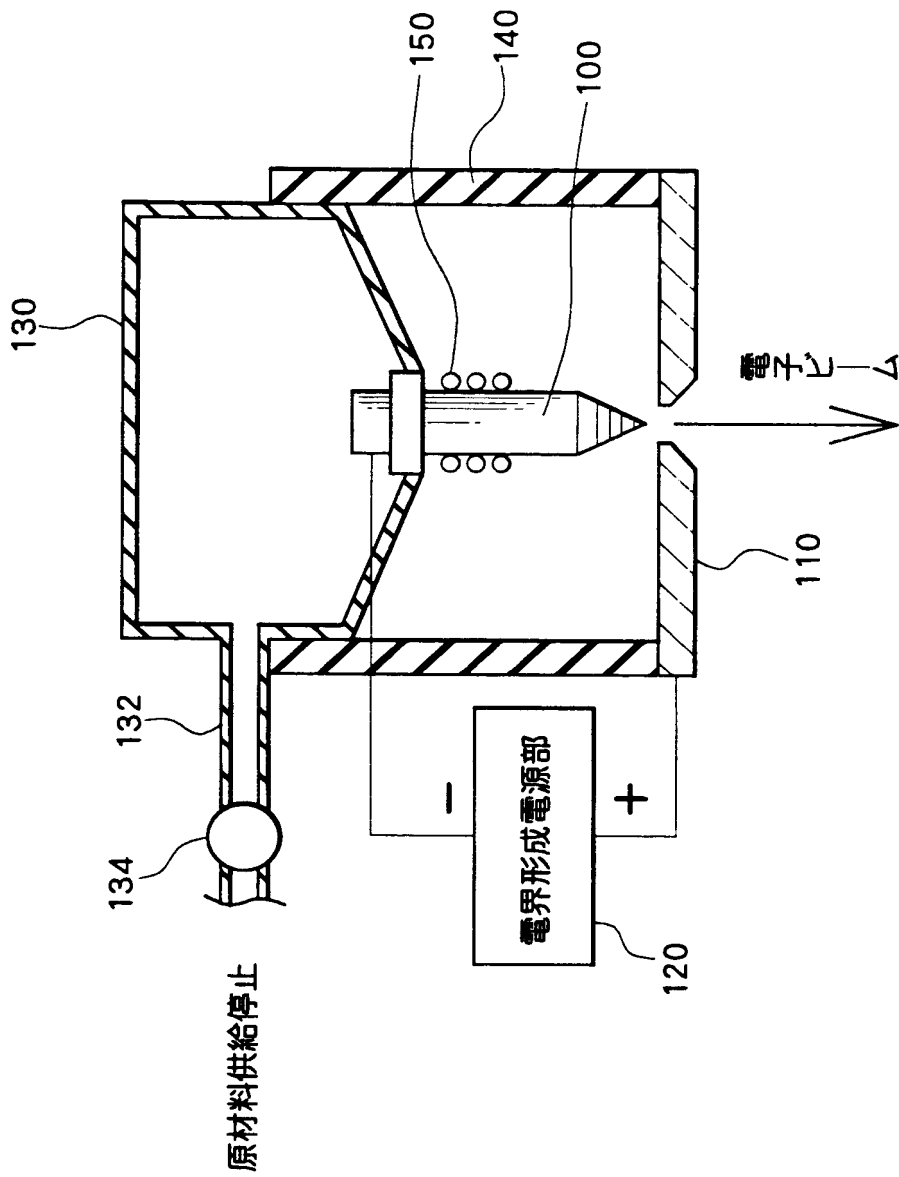
【図 3】



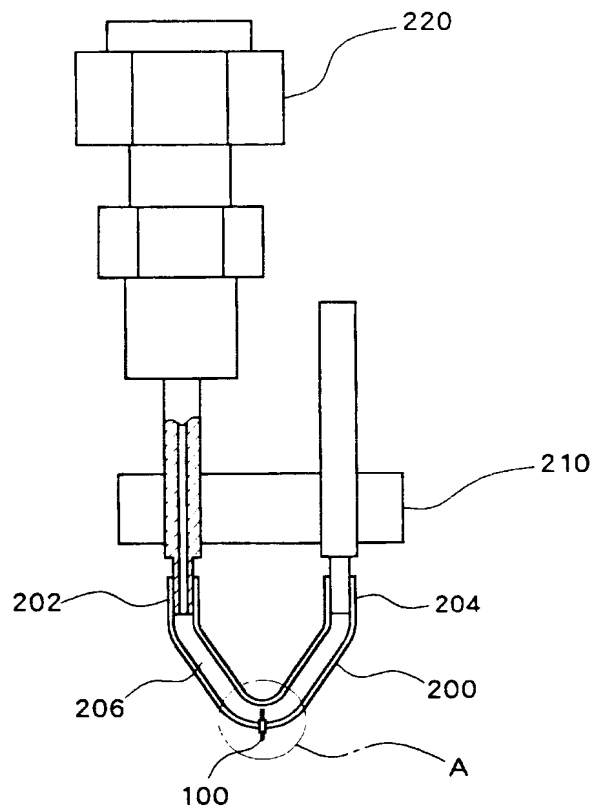
【図 4】



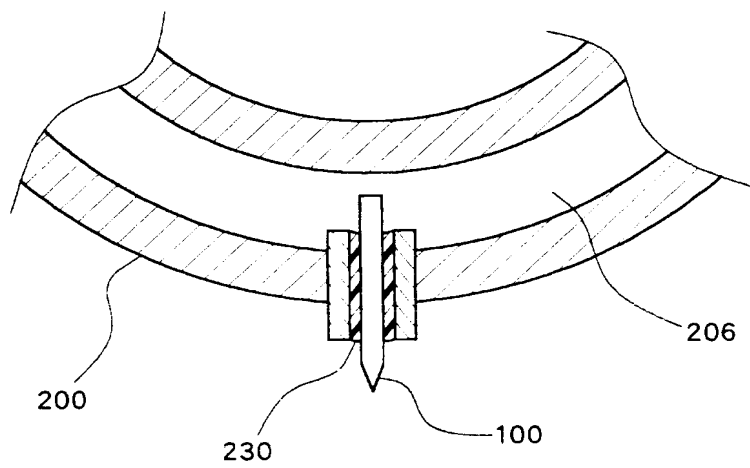
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 真空排気系を小型に維持しながら、1 台の装置をイオン源と電子源とに切り換えて使用することができる荷電粒子発生装置及びその発生方法を提供すること。

【解決手段】 イオン発生モードとエレクトロン発生モードとが切り換え可能な荷電粒子発生装置及びその方法である。イオン発生モードでは、荷電粒子発生電極 1 0 0 に設けられた原材料通路 1 0 8 を介して原材料を導いて、荷電粒子発生電極 1 0 0 の先端に原材料を供給する。さらに、荷電粒子発生電極 1 0 0 側を正極性とし荷電粒子引出し電極 1 1 0 側を負極性とする第 1 の電界を形成して、荷電粒子発生電極 1 0 0 より原材料からイオンを発生させる。エレクトロン発生モードでは、原材料供給部 1 3 0 からの原材料の供給を停止させる。さらに、荷電粒子発生電極 1 0 0 側を負極性とし荷電粒子引出し電極 1 1 0 側を正極性とする第 2 の電界を形成して、荷電粒子発生電極 1 0 0 自体よりエレクトロンを発生させる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [390038896]

1. 変更年月日 2001年 3月 9日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都小平市御幸町16番1号
氏 名 バキュームプロダクツ株式会社